

15. Khabriev R.U., ed. *Manual on Experimental (Preclinical) Study of New Pharmacological Substances [Rukovodstvo po eksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniyu novykh farmakologicheskikh veshchestv]*. Moscow: Meditsina, 2005. (in Russian)
16. Izyumov Yu.G., Litvinova E.M., Shvartsman P.D. *Implementation Damage Induced Ethyleneimine at Different Stages of Spermatogenesis. Collection of scientific papers [Realizatsiya povrezhdeniy, indutsirovannykh etileniminom na raznykh stadiyakh spermatogeneza. Sbornik nauchnykh trudov]*. Leningrad: LGPI im. A.I. Gertsena; 1974: 64–70. (in Russian)
17. Gul'shina V.A. *Biology of development and feature of biochemical structure of varieties of amaranth (Amaranthus L.) in the Central Black Earth region of Russia*: Diss. Moscow; 2008. (in Russian)
18. Baranov T.V., Sokolenko G.G. Studies of the antioxidant activity of amaranth in the conditions of Central Black Earth region. *Vestnik Baltiyskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta*. 2012; (7): 24–7. (in Russian)
19. Lakin G.F. *Biometrics [Biometriya]*. Moscow: Vysshaya shkola; 1990. (in Russian)
20. Prokhorova I.M., Kovaleva M.I., Fomicheva A.N., et al. *Spatial and Temporal Dynamics of Water Mutagenic Activity of the Lake Nero. Biology of Inland Waters [Prostranstvennaya i vremennaya dinamika mutagennoy aktivnosti vody oz. Nero. Biologiya vnutremnikh vod]*. Moscow: Nauka; 2008. (in Russian)
21. Perron N.R., Brumaghim J.L. A review of the antioxidant mechanisms of polyphenol compounds related to iron binding. *Cell. Biochem. Biophys.* 2009; 53(2): 75–100.
22. Malesev D.M., Kuntic V. Investigation of metal-flavonoid chelates and the determination of flavonoids via metal-flavonoid complexing reactions. *J. Serb. Soc.* 2007; 72: 921–39.
23. Kostyuk V.A., Potapovich A.I., Kostyuk T.V., Cherian M.G. Metal complexes of dietary flavonoids: evaluation of radical scavenger properties and protective activity against oxidative stress in vivo. *Cell. Mol. Biol. (Noisy-le-grand)*. 2007; 53(1): 62–9.
24. Kostyuk V.A., Potapovich A.I. *Bioradicals and Bioantioxidants [Bioradikalny i bioantioxidanty]*. Minsk: BGU; 2004: 145–51. (in Russian)
25. Chopikashvili L.V., Pukhaeva E.G., Rurua F.K., Farnieva Zh.G., Skupevskiy S.V. Evaluation of the mutagenic effect of the drug on the nemozol background of lead acetate in the test system of *Drosophila melanogaster* and its correction tincture of Ginkgo biloba. *Vladikavkazskiy mediko-biologicheskii vestnik*. 2013; 16: 51–5. (in Russian)

Поступила 25.04.16
Принята к печати 04.10.16

Гигиена труда

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК: 613.647:628.518

Пальцев Ю.П.¹, Походзей Л.В.^{1,2}, Рубцова Н.Б.¹, Перов С.Ю.¹, Белая О.В.¹

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАБОТНИКОВ ОТ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда», 105275, Москва;

²ГБОУ ВПО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России, 119991, Москва

Представлен анализ критериев, методов и средств защиты работников от электромагнитных полей радиочастотного диапазона, включая защиту временем (путем гигиенической регламентации), методы и средства метрологического контроля. Особо рассмотрены пути совершенствования оценки эффективности средств индивидуальной защиты, в том числе с применением критерия удельной поглощенной мощности.

Ключевые слова: электромагнитные поля радиочастотного диапазона; методы; средства защиты.

Для цитирования: Пальцев Ю.П., Походзей Л.В., Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Белая О.В. Современные принципы и средства защиты работников от неблагоприятного воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(5): 451–455. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-5-451-455>

Paltsev Yu.P.¹, Pokhodzey L.V.^{1,2}, Rubtsova N.B.¹, Perov S.Yu.¹, Belaya O.V.¹

MODERN PRINCIPLES AND MEANS OF PROTECTION OF WORKERS FROM ADVERSE EFFECTS OF RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS

¹Research Institute of Occupational Health, Moscow, 105275, Russian Federation;

²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, 119991, Russian Federation

There is presented the analysis of criteria, methods and means of protection of workers from adverse effects of occupational exposure to radiofrequency electromagnetic fields, including protection by time (by means of hygienic standardization), as well as methods and means of the metrological control. Special attention is given to the improvement of the assessment of means for personal protection, including the application of the criterion of specific absorbed-power (absorption rate).

Key words: radiofrequency electromagnetic fields; methods of protection; protective means.

For citation: Paltsev Yu.P., Pokhodzey L.V., Rubtsova N.B., Perov S.Yu., Belaya O.V. Modern principles and means of protection of workers from adverse effects of radiofrequency electromagnetic fields. *Gigiya i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(5): 451–455. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-5-451-455>

For correspondence: Yury P. Paltsev, MD, PhD, DSci., chief researcher of the Laboratory of physical factors of the Research Institute of Occupational Health, Moscow, 105275, Russian Federation. E-mail: paltsev31@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 11 April 2016

Accepted: 04 October 2016

Для корреспонденции: Пальцев Юрий Петрович, д-р мед. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории физических факторов ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда», 105275, Москва. E-mail: paltsev31@mail.ru

Проблема обеспечения электромагнитной безопасности работников представляет все большую актуальность в связи с возрастающим электромагнитным загрязнением производственной среды и повышением в связи с этим риска ухудшения здоровья.

Основными источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) на рабочих местах являются: незранированные блоки генерирующих установок, антенно-фидерные системы радиолокационных, теле- и радиостанций, в том числе сотовой и спутниковой связи, физиотерапевтические аппараты, промышленные установки для нагрева, сушки, плавки, формовки различных материалов, средства современных информационно-коммуникационных технологий и др.

В основу защиты работника от неблагоприятного воздействия ЭМП РЧ положены гигиенические регламенты, устанавливающие предельно допустимые уровни (ПДУ) ЭМП с учетом продолжительности облучения за рабочий день.

В соответствии с действующим в настоящее время СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» ПДУ установлены в диапазоне частот ≥ 10 кГц – 300 ГГц.

В диапазоне частот ≥ 10 –30 кГц ПДУ напряженности электрического и магнитного поля при воздействии в течение всей смены составляет 500 В/м и 50 А/м, при продолжительности воздействия до 2 ч за смену – 1000 В/м и 100 А/м.

В диапазоне частот ≥ 30 кГц – 300 ГГц оценка и нормирование ЭМП осуществляются по величине энергетической экспозиции (ЭЭ).

Энергетическая экспозиция в диапазоне частот ≥ 30 кГц – 300 МГц рассчитывается по формулам:

$$ЭЭ_E = E^2 T, (В/м)^2 \cdot ч,$$

$$ЭЭ_H = H^2 T, (А/м)^2 \cdot ч,$$

где E – напряженность электрического поля (В/м); H – напряженность магнитного поля (А/м); T – время воздействия за смену (ч).

Энергетическая экспозиция в диапазоне частот ≥ 300 МГц – 300 ГГц рассчитывается по формуле:

$$ЭЭ_{ППЭ} = ППЭ \cdot T, (мкВт/см^2) \cdot ч,$$

где ППЭ – плотность потока энергии (мкВт/см²).

ПДУ энергетических экспозиций (ЭЭ_{пду}) на рабочих местах за смену представлены в табл. 1.

Для кратковременного воздействия ($\leq 0,2$ ч за рабочую смену) ПДУ напряженности электрического и магнитного полей, плотности потока энергии ЭМП не должны превышать значений, представленных в табл. 2.

Для случаев облучения от устройств с перемещающейся диаграммой излучения (вращающиеся и сканирующие антенны с частотой вращения или сканирования не более 1 Гц и скваж-

Таблица 3

ПДУ среднеквадратического скорректированного значения напряженности электрического поля в диапазоне частот 3 Гц – < 30 кГц на рабочих местах

Полоса частот, f	ПДУ E_w , кВ/м	
	воздействие более 2 ч	воздействие до 2 ч
3 – < 30 Гц	5	10
30 – < 300 Гц*	2,75	5,5
300 – < 3 000 Гц	0,6	1,2
3 – < 30 кГц	0,5	1,0

Таблица 4

ПДУ среднеквадратического скорректированного значения напряженности магнитного поля в диапазоне частот 3 Гц – < 30 кГц на рабочих местах

Полоса частот, f	ПДУ H_w , А/м	
	воздействие более 2 ч	воздействие до 2 ч
3 – < 30 Гц	200	1000
30 – < 300 Гц*	55	270
300 – < 3000 Гц	12	25
3 – < 30 кГц	10	25

ностью не менее 20) и локального облучения рук при работах с микрополосковыми устройствами предельно допустимый уровень плотности потока энергии для соответствующего времени облучения (ППЭ_{пду}) рассчитывается по формуле:

$$ППЭ_{пду} = K \cdot ЭЭ_{пду} / T,$$

где K – коэффициент снижения биологической активности воздействия; $K = 10$ – для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн; $K = 12,5$ – для случаев локального облучения кистей рук (при этом уровни воздействия на другие части тела не должны превышать 10 мкВт/см²).

В последнее время в ФГБНУ НИИ МТ были проведены научные исследования по обоснованию предельно допустимых уровней ЭМП в диапазоне частот 3 Гц – <10 кГц, который ранее не был регламентирован в РФ, и совершенствованию ПДУ в диапазоне 10 – <30 кГц [1].

В основу разработки ПДУ были положены действующие в РФ гигиенические регламенты электрических и магнитных полей промышленной частоты 50 Гц [1–3] и диапазона частот 10–30 кГц с учетом рекомендаций ICNIRP [4, 5], Директивы ЕС [6, 7], что позволило их гармонизировать с требованиями международных организаций по защите от неионизирующих излучений.

В этих диапазонах нормируемыми параметрами являются среднеквадратические скорректированные значения напряженности электрического (E_w) и магнитного (H_w) полей [8, 9]. ПДУ среднеквадратического скорректированного значения напряженности ЭП и МП в диапазоне частот 3 Гц – <30 кГц на рабочих местах представлены в табл. 3 и 4.

Таким образом, соблюдение требований гигиенических регламентов ЭМП может быть обеспечено путем ограничения продолжительности воздействия ЭМП (защита временем).

Еще одним эффективным способом защиты от воздействия ЭМП РЧ с уровнями, превышающими ПДУ, может быть защита расстоянием – расположение рабочих мест и маршрутов передвижения обслуживающего персонала на расстояниях от источников ЭМП РЧ, обеспечивающих соблюдение ПДУ.

В соответствии с действующими нормативными документами на рабочих местах контроль

Таблица 1
ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот ≥ 30 кГц – 300 ГГц

Параметр	ЭЭ _{пду} в диапазонах частот (МГц)				
	$\geq 0,03$ –3	≥ 3 –30	≥ 30 –50	≥ 50 –300	≥ 300 –300 000
ЭЭ _E , (В/м) ² •ч	20000	7000	800	800	–
ЭЭ _H , (А/м) ² •ч	200	–	0,72	–	–
ЭЭ _{ППЭ} , (мкВт/см ²)•ч	–	–	–	–	200

Таблица 2

Максимальные ПДУ напряженности и плотности потока энергии ЭМП диапазона частот ≥ 30 кГц – 300 ГГц

Параметр	Максимально допустимые уровни в диапазонах частот (МГц)				
	$\geq 0,03$ –3	≥ 3 –30	≥ 30 –50	≥ 50 –300	≥ 300 –300 000
E , В/м	500	300	80	80	–
H , А/м	30	–	3,0	–	–
ППЭ, мкВт/см ²	–	–	–	–	1000, 5000*

Примечание. * для условий локального облучения кистей рук.

уровней ЭМП РЧ должен осуществляться: при вводе в действие новых установок, при организации новых рабочих мест, при внесении изменений в конструкцию и режим работы действующих установок, после проведения ремонтных работ, при внесении изменений в средства защиты от ЭМП РЧ, при производственном контроле, при проведении специальной оценки условий труда, и не реже одного раза в 3 года органами Роспотребнадзора.

Измерения уровней ЭМП РЧ должны проводиться для всех рабочих режимов установок при максимальной используемой мощности. В случае измерений при неполной излучаемой мощности делается перерасчет до уровней максимального значения путем умножения измеренных значений на соотношение:

$$W_{\max}/W,$$

где W_{\max} – максимальное значение мощности, W – мощность при проведении измерений.

Контроль уровней ЭМП должен производиться приборами, включенными в Госреестр средств измерения РФ, прошедшими в установленном порядке государственную поверку (табл. 5).

Основные технические характеристики современных широкополосных СИ, предназначенных для контроля электромагнитной обстановки в диапазоне частот 30–1000 МГц, внесенных в Государственный реестр СИ, представлены в табл. 6, где, в частности, приведены технические характеристики современных малогабаритных селективных измерителей ЭМП производства компаний «Narda-STS» и «Rhode & Schwarz» (ФРГ).

Для оценки ЭМП наряду с инструментальными применяются расчетные методы (на этапе проектирования ПРТО). В настоящее время имеется целый ряд методических указаний и рекомендаций по расчету уровней ЭМП.

МУК 4.3.044–96 «Определение уровней ЭМП, границ санитарно-защитной зоны и зон ограничения застройки в местах размещения передающих средств радиовещания и радиосвязи кило-, гекто- и декаметрового диапазонов».

МУК 4.3.1677–03 «Определение уровней ЭМП, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи».

МУК 4.3.1167–02 «Определение плотности потока энергии ЭМП в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 300 МГц–300 ГГц».

МУК 4.3.678–97 «Определение уровней напряжений, наведенных ЭМП на проводящие элементы зданий и сооружений в зоне действия мощных источников радиоизлучений».

Защита работников от неблагоприятного влияния ЭМП РЧ осуществляется также путем проведения организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий.

Организационные мероприятия при проектировании и эксплуатации оборудования, являющегося источником ЭМП РЧ, или объектов, оснащенных источниками ЭМП, включают следующие:

- выделение зон воздействия ЭМП РЧ (зоны с уровнями ЭМП, превышающими ПДУ, где по условиям эксплуатации не требуется даже кратковременное пребывание персонала, которые должны ограждаться и обозначаться соответствующими предупредительными знаками);

- ремонт оборудования, являющегося источником ЭМП РЧ, следует производить (по возможности) вне зоны влияния ЭМП РЧ от других источников;

- соблюдение правил безопасной эксплуатации источников ЭМП РЧ.

Инженерно-технические мероприятия должны обеспечивать снижение уровней ЭМП РЧ на рабочих местах до норматив-

Основные технические характеристики современных широкополосных измерителей ЭМП для диапазона частот 3 кГц 30–40 000 МГц

Тип СИ	Производитель	Рабочий диапазон частот, МГц	Диапазон измерений	Основная погрешность измерений, дБ
ПЗ-31	СКБ РИАП (Россия)	0,03–300 300–40 000	2–600 В/м 0,265–100 000 мкВт/см ²	±2,7*
ПЗ-33М	НТМ-Защита (Россия)	300–18 000	1–100 000 мкВт/см ²	±(2–3)
ПЗ-41	НТМ-Защита (Россия)	0,01–40 000	0,26–1 000 000 мкВт/см ² 0,5–1500 В/м	±(1–2,4)
ПЗ-42	ПиТОН (Россия)	0,01–300 300–40 000	1,5–600 В/м 0,26–100 000 мкВт/см ²	±(2–3)
NBM-550**	Narda-STS (ФРГ)	0,1–60 000	0,38–650 В/м	±(2–3)

Примечание. * – для одной частоты измерений; ** – с антенной-преобразователем типа EF0691.

ных значений путем внедрения новых технологий, выбора рациональных режимов работы оборудования и применения средств коллективной и индивидуальной защиты (СИЗ).

Коллективные и индивидуальные средства защиты работающих от воздействия ЭМП РЧ в каждом конкретном случае должны применяться с учетом рабочего диапазона частот, характера выполняемых работ, необходимой эффективности защиты.

Экранирование источников ЭМП РЧ или рабочих мест должно осуществляться посредством отражающих или поглощающих экранов (стационарных или переносных). Отражающие ЭМП РЧ экраны выполняются из металлических листов, сетки, проводящих пленок, ткани с микропроводом, металлизированных тканей на основе синтетических волокон или любых других материалов, имеющих высокую электропроводность.

Поглощающие ЭМП РЧ экраны выполняются из специальных материалов, одни из которых представляют собой слой диэлектрика, по толщине равный четверти длины волны, наклеенный на токопроводящую основу – металлическую пленку или сетку; другие изготавливаются в виде сплошных однородных листов диэлектрика с фигурными рельефами поверхности, напоминающими пирамидальные или конусообразные выступы.

Экранирование смотровых окон, приборных панелей должно осуществляться с помощью специального стекла, которое металлизировано путем нанесения на него тонкой токопроводящей пленки. Теряя при этом 10–15% в прозрачности, стекло приобретает коэффициент ослабления порядка 20 дБ.

В настоящее время разрабатываются новые композиционные материалы на основе ферритов, графита и др., поглощающие электромагнитное излучение в радиочастотном диапазоне. К числу перспективных экранирующих материалов относятся магнетально-шунгитовые строительные составы.

Используемые в настоящее время изделия СИЗ включают в себя одежду (комбинезон), средства защиты головы (шлем с лицевым экраном), средства защиты рук (перчатки и(или) рукавицы) и средства защиты ног (носки, бахилы и(или) ботинки), выполненные из электропроводящих материалов. При этом все элементы экранирующего комплекта должны быть электрически соединены, образуя по принципу «клетки Фарадея» замкнутую оболочку вокруг тела человека, препятствующую проникнове-

Таблица 6

Основные технические характеристики селективных измерителей ЭМП для диапазона частот 30–1000 МГц

Тип СИ	Производитель	Рабочий диапазон частот, МГц	Диапазон измерений, В/м	Ширина полосы измерительного фильтра (RBW), кГц	Расширенная неопределенность измерений (ДИ 95 %, k = 2), дБ
SRM-3006	Narda-STS (ФРГ)	27–3000	0,0002–200	0,0002–20 000	до +3,2/–4,7
TS-EMF-B1	Rohde & Schwarz (ФРГ)	30–3000	0,001–100	0,001–3000	до ±3,1

нию ЭМП, что должно обеспечивать снижение уровня воздействия ЭМП до безопасного в течение времени, определяемого назначением изделия.

К индивидуальным средствам локальной защиты относятся специальные фартуки, халаты, перчатки, бахилы и т. д., изготовленные из экранирующих тканей, а также шлемы, очки, щитки, которые применяются как отдельно, так и в комплекте с другими СИЗ. Примером эффективной защиты глаз и лица от ЭМП в диапазоне 0,3–300 ГГц могут служить очки ОРЗ-5 и щиток НС5-Р, в которых использованы минеральные защитные стекла, покрытые прозрачной электропроводящей пленкой диоксида олова, с эффективностью экранирования 25 дБ.

Основной характеристикой эффективности экранирующих материалов и СИЗ является коэффициент экранирования (K_{Σ}), определяющий степень ослабления ЭМП за счет эффектов отражения, поглощения и переотражения при прохождении электромагнитной энергии через экранирующий материал. Соответственно методы контроля электромагнитной безопасности работающих при использовании СИЗ от ЭМП РЧ направлены на определение коэффициента экранирования как основного количественного параметра эффективности защиты человека. Контроль экранирующих свойств материалов является необходимым этапом при проектировании и разработке СИЗ. Оценка защитных свойств готового изделия необходима для проверки соответствия предъявляемым требованиям, а также для оценки эффективности его конструкции с точки зрения обеспечения целостности и непрерывности экранирующей оболочки в местах соединения конструктивных элементов, швов, застежек и молний.

Подход к оценке защитных свойств материалов и изделий из них основан на экспериментальных измерениях и определении K_{Σ} по отношению (в дБ) уровней ЭМП РЧ без экранирующего материала (комплекта) и с ним. Испытания экранирующих свойств материалов и СИЗ проводятся при наличии источника и измерителя ЭМП РЧ, между которыми размещается тестовый образец.

Методы контроля защитных свойств экранирующих материалов и СИЗ должны учитывать условия их применения, которые включают рабочий частотный диапазон, условия экспозиции ЭМП РЧ в зависимости от расстояния до источника (ближняя или дальняя зона облучения) и уровни внешнего ЭМП РЧ. Кроме этого, для оценки эффективности СИЗ по обеспечению безопасных уровней ЭМП РЧ особую роль играют параметры гигиенической оценки воздействия фактора, на основе которых проводится расчет коэффициента экранирования. Соответственно существующие принципиальные различия между российским и международным подходом гигиенической оценки воздействия ЭМП РЧ нашли отражение и в методиках оценки защитных свойств СИЗ. В международной практике в отличие от отечественной наряду с измерениями уровней ЭМП при наличии и отсутствии СИЗ используют дозиметрическую величину удельной поглощенной мощности (УПМ), являющуюся количественной характеристикой взаимодействия ЭМП с биологическим объектом.

Институтом совместно с ЗАО «ПО Энергоформ» разработан ГОСТ Р 12.4.292–2013. ССБТ «Комплект экранирующий для защиты персонала от электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Общие технические требования». Проводятся исследования по совершенствованию методики гигиенической оценки эффективности экранирующих тканей и комплектов. В 2015 г. подготовлен проект Межгосударственного стандарта Евразийского совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) «ССБТ. Комплект экранирующий для защиты персонала от электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Методы контроля». Документ включает в себя методы контроля эффективности экранирующих материалов и методы контроля эффективности экранирующих комплектов в целом, в том числе в свободном пространстве и с использованием дозиметрических фантомов.

Разработанный подход [3, 10, 11] для оценки эффективности СИЗ по обеспечению безопасных уровней ЭМП РЧ заключается в измерении уровней интенсивности ЭМП РЧ без экранирующего комплекта и внутри него и расчете коэффици-

ента экранирования по полученным данным. Для проведения испытаний используется радиопрозрачный манекен человека, включающий полый торс, руки, ноги и голову. Манекен с установленным внутри измерительным прибором размещается в зоне излучения антенны таким образом, чтобы полностью находиться в сравнительно однородном ЭМП. Предложенная методика испытаний направлена на контроль коэффициента экранирования в трех точках внутри манекена – голова, грудь и пах, – которые соответствуют расположению как наиболее критичных для воздействия ЭМП РЧ органов человека, так и конструктивных особенностей защитных комплектов. Такой подход к испытаниям обеспечивает комплексную оценку эффективности защиты работающего при применении СИЗ. Такого рода испытания могут проводиться как в лабораторных условиях, так и на рабочих местах персонала радиотехнических объектов.

Коэффициент экранирования СИЗ оценивают по электрической составляющей в диапазоне частот от 10 кГц до 300 МГц и по плотности потока энергии в диапазоне частот выше 300 МГц:

$$K_{\Sigma} = 20 \log \frac{E_1}{E_2},$$

где E_1 и E_2 – значение напряженности электрической составляющей ЭМП РЧ без комплекта и внутри комплекта соответственно.

$$K_{\Sigma} = 10 \log \frac{ППЭ_1}{ППЭ_2},$$

где $ППЭ_1$ и $ППЭ_2$ – значение плотности потока энергии ЭМП РЧ без комплекта и внутри комплекта соответственно.

Кроме того, разработанная система включает в себя и метод испытаний защитных свойств СИЗ по параметру УПМ, который дополняет метод в свободном пространстве, но может быть реализован только в лабораторных условиях.

ФГБНУ НИИ МТ с применением разработанных методов оценки эффективности СИЗ были проведены испытания 4 типов индивидуальных защитных экранирующих комплектов в условиях их реальной эксплуатации на радиолокационных станциях при проведении наладочных и ремонтных работ.

Один из комплектов обладал достаточно высокой экранирующей способностью (более 20 дБ), 2 комплекта были признаны негодными к эксплуатации. Четвертый комплект в первоначальном варианте характеризовался невысоким коэффициентом экранирования ЭМП (7,56–7,89 дБ). Для улучшения экранирующих свойств было рекомендовано модифицировать комплект путем уплотнения шлема, установки дополнительной экранирующей прокладки под застежкой комбинезона и использования новых перчаток. В результате уровни ЭМП в пододежном пространстве существенно снизились, а коэффициент экранирования увеличился до 18,66–21,86 дБ.

Одним из важных принципов защиты человека от неблагоприятного влияния мощных ЭМП являются также лечебно-профилактические мероприятия.

В соответствии с приказом Минздравсоцразвития России от 12.04.11 № 302н в целях профилактики, ранней диагностики и лечения нарушений состояния здоровья работников при работах в условиях воздействия ЭМП радиочастотного диапазона должны проводиться предварительные и периодические (1 раз в 2 года) медицинские осмотры.

Заключение

Таким образом, разработанные к настоящему времени принципы, методы и средства защиты от неблагоприятного воздействия ЭМП РЧ позволяют существенно снизить риски здоровью работников. Вместе с тем необходимо проведение дальнейших исследований по совершенствованию гигиенических регламентов, методов контроля ЭМП на рабочих местах, методов оценки эффективности средств коллективной и индивидуальной защиты.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература (п.п. 4, 5, 10 см. References)

1. Пальцев Ю.П., Походзей Л.В., Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Богачева Е.В. Проблема изучения влияния электромагнитных полей на здоровье человека. Итоги и перспективы. *Медицина труда и промышленная экология*. 2013; (6): 35–40.
2. Пальцев Ю.П., Походзей Л.В., Рубцова Н.Б., Богачева Е.В. Совершенствование и гармонизация гигиенических нормативов электрических и магнитных полей. *Медицина труда и промышленная экология*. 2013; (2): 5–8.
3. ТР ТС 019/2011 О безопасности средств индивидуальной защиты. КТС; 2011.
4. Пальцев Ю.П., Походзей Л.В., Рубцова Н.Б., Куриленко Ю.В., Стерликов А.В., Богачева Е.В. Способ прогнозирования биологического воздействия электрического поля на человека. Патент РФ № 2551307; 2015.
5. Пальцев Ю.П., Походзей Л.В., Рубцова Н.Б., Куриленко Ю.В., Стерликов А.В., Богачева Е.В. Способ прогнозирования биологического воздействия магнитного поля на человека. Патент РФ № 2551918; 2015.
6. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). КТС; 2010.
7. Рубцова Н.Б., Фараджев В.И., Перов С.Ю., Белая О.В. Обеспечение индивидуальной защиты человека от воздействия электромагнитных полей. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014; 16(5-2): 801–4.

References

1. Pal'tsev Yu.P., Pokhodzey L.V., Rubtsova N.B., Perov S.Yu., Bogacheva E.V. The problem of studying the effect of electromagnetic fields on human health. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2013; (6): 35–40. (in Russian)

2. Pal'tsev Yu.P., Pokhodzey L.V., Rubtsova N.B., Bogacheva E.V. Perfection and harmonization of hygienic standards of electric and magnetic fields. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2013; (2): 5–8. (in Russian)
3. TR TS 019/2011 On the safety of personal protective equipment. CCU; 2011.
4. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). *Health Phys.* 2010; 99(6): 818–36.
5. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys.* 1998; 74(4): 494–522.
6. Directive 2004/40/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) // Official Journal of the European Union, L 159, 30.4. 2004. (in Russian)
7. DIRECTIVE 2013/35/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC. *Off. J. Eur. Union L*. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013L0035&qid=1494810355856&from=EN>
8. Pal'tsev Yu.P., Pokhodzey L.V., Rubtsova N.B., Kurilenko Yu.V., Sterlikov A.V., Bogacheva E.V. Method for predicting the biological effect of an electric field on a person. Patent RF № 2551307; 2015. (in Russian)
9. Pal'tsev Yu.P., Pokhodzey L.V., Rubtsova N.B., Kurilenko Yu.V., Sterlikov A.V., Bogacheva E.V. Method for predicting the biological effect of a magnetic field on a person. Patent RF № 2551918; 2015. (in Russian)
10. Uniform sanitary-epidemiological and hygienic requirements for goods subject to sanitary-epidemiological supervision (control). CCU; 2010. (in Russian)
11. Rubtsova N.B., Faradzhev V.I., Perov S.Yu., Belaya O.V. Providing individual protection of a person from the effects of electromagnetic fields. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2014; 16(5-2): 801–4. (in Russian)

Поступила 11.04.16

Принята к печати 04.10.16

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 613.6:616-092:612.014.24

Кулемин Ю.Е.^{1,2}, Минина В.И.^{1,2}, Сеницкий М.Ю.^{1,2}, Савченко Я.А.¹, Волобаев В.П.²

УСЛОВИЯ ВОЗМОЖНОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ХРОМОСОМ У ШАХТЕРОВ

¹ ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии» СО РАН, 650000, Кемерово;² ФГБУ ВПО «Кемеровский государственный университет», 650043, Кемерово

Работа в угольной промышленности, несмотря на все достижения современной науки и техники, остается одной из самых опасных для здоровья. Выполнен обзор исследований, посвященных анализу повреждений хромосом у рабочих угледобывающих предприятий (угольные шахты и карьеры). Поиск исследований проводили в базах данных PubMed, <http://www.sciencedirect.com> и в научной электронной библиотеке <http://elibrary.ru> с использованием стратегии поиска, принятой в организации Кокрановского Сотрудничества. Критериями включения являлись: 1) рандомизированные контролируемые оригинальные исследования; 2) работы, выполненные в период 1993–2016 гг., объектом которых были рабочие угольных шахт, карьеров; 3) статьи, в которых в качестве биомаркеров эффекта рассматривались хромосомные aberrации (ХА); микроядра (МЯ), сестринские хроматидные обмены (СХО), ДНК-кометы. Критерии исключения: другие методы оценки повреждений ДНК; отсутствие данных о типе шахты или не угольные шахты/карьеры (урановая, оловянная и тому подобное); отсутствие доступа к полному тексту на русском или английском языке. В результате поиска было отобрано 12 работ, отвечающих выбранным критериям и отражающих повреждаемость хромосом у шахтеров. Результаты исследований, выполненных в разных странах мира (Россия, Турция, Бразилия, Колумбия, Нидерланды, Перу, Индия), свидетельствуют о высоком уровне хромосомных нарушений у рабочих угледобывающей промышленности. Повреждения накапливаются в клетках разного типа (буккальный эпителий и лимфоциты крови) и выявляются методами учета ХА, СХО, МЯ и ДНК-комет, что свидетельствует о сложной природе действующих генотоксикантов. Результаты анализа взаимосвязи между цитогенетическими маркерами, возрастом и стажем работы противоречивы. Формирование профессионально обусловленной легочной патологии сопровождается дополнительной индукцией цитогенетических повреждений. В целом проведенный анализ подтвердил высокую генотоксическую опасность условий труда шахтеров, добывающих уголь как под землей, так и в карьерах.

Ключевые слова: шахтеры; угольные шахты; карьеры; хромосомные aberrации; микроядра; сестринские хроматидные обмены; ДНК-кометы.

Для цитирования: Кулемин Ю.Е., Минина В.И., Сеницкий М.Ю., Савченко Я.А., Волобаев В.П. Условия возможного повреждения хромосом у шахтеров. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(5): 455–459. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-5-455-459>

Для корреспонденции: Минина Варвара Ивановна, канд. биол. наук, доц., зав. лаб. цитогенетики ФИЦ УУХ СО РАН, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии» СО РАН, Институт экологии человека, 650000, Кемерово. E-mail: vmнина@mail.ru